

Observaciones de Ozono total en el OAI 1991-2003: estimación de tendencias en la región subtropical

A. Redondas

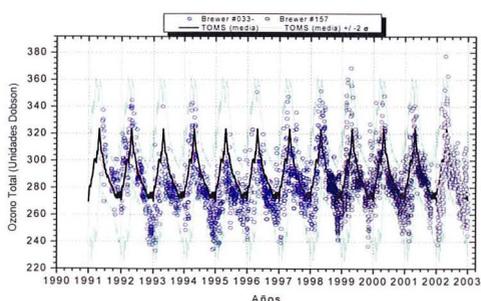
(1) Observatorio Atmosférico de Izaña - Instituto Nacional de Meteorología

En Mayo de 1991 comienzan las medidas de ozono total en el Observatorio Atmosférico de Izaña (OAI) mediante el espectrofotómetro Brewer #033. El instrumento fue reemplazado en 1998 por el espectrofotómetro de doble monocromador Brewer #157. Durante estos años los instrumentos han sido regularmente calibrados frente al estándar viajero Brewer #017 lo que nos garantiza la exactitud de las observaciones durante el periodo de medidas. La calidad de las observaciones está reconocida internacionalmente, el Brewer de la estación de Izaña forma parte de los instrumentos primarios de la red NSDC (Network for detection of Stratospheric Change), cuya pertenencia exige los más altos estándares de calidad. En este trabajo se han revisado la totalidad de las medidas lo que supone unas 150.000 observaciones de ozono. Tras 12 años de mediciones es posible realizar estudios de tendencias del ozono total representativas de la región subtropical. En este análisis se ha empleado el modelo propuesto por Bojkov ya que las características estadísticas de la serie impiden un tratamiento estándar de la misma. El estudio muestra que no existe tendencia significativa en el ozono total en Canarias al igual que resulta de otros estudios realizados en latitudes tropicales.

1. Las observaciones de ozono en el OAI

Las observaciones de ozono en el periodo 1991-2003 que representamos en le (Figura 1) muestran las características principales del ozono sobre Canarias. Muestra una evolución del ozono típicamente tropical con un valor medio de la concentración de ozono bajo 282 UD (Unidades Dobson) y una oscilación pequeña de unas 40 UD. El ozono muestra una clara estacionalidad con máximos en Abril-Mayo y Mínimos en Diciembre-Enero (Figura 1) No se observan variaciones interanuales importantes aunque destacan los inviernos de 1993, 1995 y el 2002 por sus valores bajos de ozono.

Observatorio Atmosférico de Izaña Ozono Total (1991-2002)



Observatorio de Izaña : Ozono total

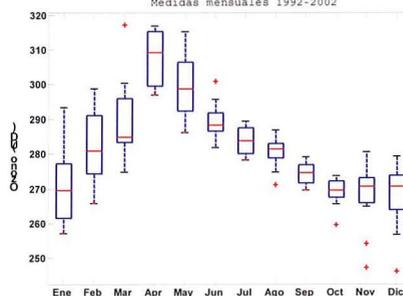


Figura 1: Observaciones de ozono total sobre el observatorio de Izaña desde 1991-2001. Los círculos claros indican las observaciones realizadas con el Brewer#033 1991-1998 y con círculos oscuros las observaciones con el Brewer#157 1998-2002. La línea gruesa muestra el valor "normal" obtenido del promedio 1978-1993 de las observaciones del satélite TOMS a su paso por el OAI. El panel derecho muestra el "box-plot" de los valores medios mensuales.

Modelización de la serie de ozono

La serie de ozono se ha modelado, con diversas variaciones siguiendo el siguiente modelo:

**Ozono = Media + Estacionalidad + Tendencias + Variables Explicativas + Residuos**

Podemos elegir varias formas para representar la estacionalidad y la tendencia. Por un lado usar los promedios mensuales de cada mes y estudiar la tendencia en promedios mensuales por separado para luego reunirlos para formar tendencias anuales o por estacionales. Por otro usar funciones armónicas para representar tanto la estacionalidad como las tendencias. Ambos métodos dan similares resultados

En los modelos se usan variables explicativas, series externas que introducimos en el modelo para aumentar la variabilidad del ozono explicada. Las series explicativas más usadas son la QBO (Oscilación Quasi Bianaual) y el flujo solar por su influencia directa en la dinámica del ozono. Otros autores sugieren incluir la influencia del NIÑO (ENSO), y temperaturas estratosféricas. Sin embargo si queremos que nuestros resultados sean comparables con los publicados debemos restringirnos al uso de la QBO (WMO 1998)

El modelo que usaremos es:

$$y(t) := \sum_{i=1}^{12} (\eta_i I_{i,t}) + \sum_{i=1}^{12} (\beta_i I_{i,t}) \cdot R_t + \gamma_1(Z_{1,t}) + \gamma_2(Z_{2,t-k}) + N_t$$

$I_{i,t}$ Es una matriz indicadora, su valor es 1 si el valor de ozono del instante t se corresponde con el mes i, y cero en caso contrario.

R_t Es un indicador para la tendencia, se le da un valor 0 para $t < t_0$ y 1 $t > t_0$, el tiempo t_0 se toma normalmente como 1960. Con lo cual suponemos que no existe tendencia para antes de 1960.

El primer término de la serie nos da cuenta del termino estacional (las incógnitas η_i no son más que los promedios mensuales de la serie). El segundo término representa las tendencias mensuales β_i y por último las series explicativas y el residuo.

A pesar de las variables explicativas, independientemente del modelo, los residuos de la serie están autocorrelados. Es decir los residuos del mes (i) están relacionados con los residuos del mes (i-1). Modelamos este hecho suponiendo un modelo simple de autoregresión (AR(1)). La presencia del término de auto correlación no va a cambiar la estimación de los parámetros del modelo pero sí aumenta la incertidumbre en los parámetros del modelo, afectando a la significación de las tendencias calculadas

$$N_t = \phi \cdot N_{t-1} + e_t$$

La adición de este término de auto correlación obliga a emplear métodos más sofisticados como los mínimos cuadrados generalizados o métodos iterativos. Estos métodos aplicados a la serie de ozono son de por sí una línea de investigación abierta en el OAI, actualmente en desarrollo. La varianza que pueden explicar estos métodos, en su nivel de desarrollo actual, no permiten una adecuada determinación de la significación de las tendencias. Por ello en este trabajo, emplearemos técnicas de regresión para resolver el modelo y técnicas de re-muestreo conocidas por "jackknife" y "boottraping" para estimar las incertidumbres en los parámetros.

2. Aplicación del modelo a las observaciones de Izaña

Al aplicar el modelo a las observaciones de Izaña nos encontramos con un problema fundamental, la escasa variabilidad interanual. Si consideramos la serie desestacionalizada esta tiene un rango de +/-20 UD lo que representa un +/- 5% del valor normal de ozono si tenemos en cuenta que el error

instrumental es del 1%, vemos que la señal a modelar es muy baja y por tanto difícil de captar por el modelo. Los residuos del modelo de regresión múltiple son elevados y esto lleva a que las tendencias que se observan no llegan a ser significativas. Los resultados que obtenemos del modelo indican que no hay una tendencia significativa, tan solo la tendencia para el mes de enero es ligeramente significativa pero de tan solo 1UD por década.

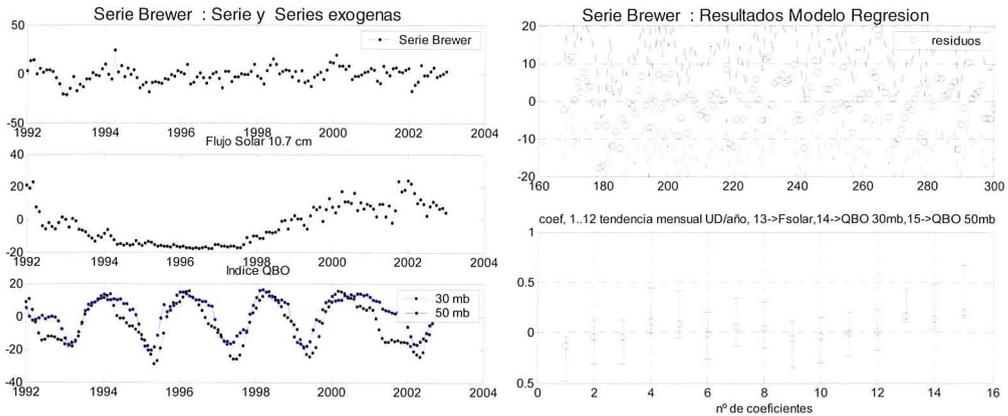


Figura.2 En la figura de la izquierda representamos en el panel superior la serie de ozono desestacionalizada en el panel central la serie del flujo solar a 10.7 cm. representativa del ciclo solar, y en las inferiores las series representativas de la QBO. En el panel derecho los resultados del modelo de regresión, en el panel superior los residuos y en el inferior los representación de los coeficientes obtenidos en la regresión, los doce primeros indican las tendencias mensuales, los tres últimos presentan los coeficientes de las variables explicativas flujo solar y QBO a 50 y 30 mb.

3. Conclusiones

Los diez años de observaciones de ozono en el OAI muestran las características de una estación tropical con un valor medio y una oscilación anual baja.

Al igual que en otras estaciones tropicales, con observaciones de ozono mas largas (Bojkov 1995) no se observan tendencias significativas en la concentración de ozono total.

Este hecho sugiere que las variaciones de ozono del área tropical y subtropical están dominadas por los aspectos dinámicos y la fotoquímica que ha alterado la concentración de ozono en otras latitudes no afecta a esta región.

4. Referencias

Assessment of Trends in the Vertical Distribution of Ozone, WMO Ozone Research and Monitoring Project Report No. 43,1998
 Bojkov, R.D and V.E. Fioletov: "Estimating the global ozone characteristics during the last 30 years" *J. Geophys. Res.*100, D8, 16537-16551 (1995).